(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 1
March 2024

UOʻK: 66.01(075)

10.5281/zenodo.10804727

METANNI KARBONATLI KONVERSIYALANISHI



Qoʻyboqarov Oybek Ergashovich
Texnika fanlari falsafa doktori, Qarshi muhandislik iqtisodiyot instituti,
Qarshi, Oʻzbekiston
E-mail: oybek.kuyboqarov@mail.ru

Annotatsiya. *Geterogen katalizatorning bir shakli sifatida membrana katalizatori tabiatining kontseptsiyasiga asoslanib, geterogen katalitik jarayonning kuchayishi reaksiya massasining membranaga boʻlinishi taʼsiri boʻlmagan taqdirda mumkin ekanligi aniqlandi. Membranali katalizatorning taʼsiri katalizatorning gʻovak sathidan foydalanish darajasining oshishi bilan bogʻliqligi aniqlandi. Reaksiyaning kinetik modeli shakli shuni koʻrsatdiki, metanning karbonat angidrid konversiyasining tezligi va selektivligi katalizatorning barcha oʻrganilayotgan turlari uchun membranani reaktor-kontaktorida va anʼanaviy ravishda differentsial tenglamalarning umumiy tizimi bilan tavsiflanadi. Katalizator qatlami oʻrnatilgan katalitik reaktor va model parametrlarining oʻzgarishi gʻovaklarning ichki yuzasining kirish darajasining oʻzgarishiga mos keladi. Metanning karbonat angidrid konversiyasining kinetik xususiyatlari va membrana katalizatorining gʻovakli tuzilishidagi farqi, uni tayyorlash uslubidan qatʼi nazar, membrana taʼsirining namoyon boʻlishiga toʻsqinlik qilmaydi.*

Kalit soʻzlar: *metan, karbonat angidrid, katalizator, reaksiya unumi, konversiya, sintez-gaz. Fisher-Tropsh.*

КОНВЕРСИЯ МЕТАНА В КАРБОНАТ

Куйбокаров Ойбек Эргашович
доктор философии технических наук, Каршинский инженерно-экономический институт,
Карши Узбекистон

Аннотация. *На основе представлений о природе мембранного катализатора как разновидности гетерогенного катализатора установлено, что интенсификация гетерогенно-каталитического процесса возможна при отсутствии влияния распределения реакционной массы на мембране. Установлено, что действие мембранного катализатора связано с повышением уровня использования пористой поверхности катализатора. Вид кинетической модели реакции показал, что скорость и селективность превращения метана в углекислый газ для всех изученных типов катализатора в мембранном реакторе-контакторе условно описываются общей системой дифференциальных уравнений. Каталитический реактор со слоем катализатора и изменение параметров модели маскируются из-*

менением степени проникновения внутренней поверхности пор. Разница в кинетических свойствах превращения метана в диоксид углерода и пористой структуре мембранного катализатора не препятствует проявлению мембранного эффекта независимо от способа его приготовления.
Keywords: *метан, диоксид углерода, катализатор, выход реакции, конверсия, синтез-газ. Фишер-Тропш.*

CONVERSION OF METHANE TO CARBONATE

Kuybokarov Oybek Ergashovich
Doctor of Philosophy of Technical Sciences, Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi Uzbekistan

Abstract. *Based on ideas about the nature of a membrane catalyst as a type of heterogeneous catalyst, it has been established that intensification of the heterogeneous catalytic process is possible in the absence of the influence of the distribution of the reaction mass on the membrane. It has been established that the effect of the membrane catalyst is associated with an increase in the level of utilization of the porous surface of the catalyst. The type of kinetic model of the reaction showed that the rate and selectivity of the conversion of methane into carbon dioxide for all studied types of catalyst in a membrane contactor reactor are conventionally described by a general system of differential equations. The catalytic reactor with a catalyst bed and the change in model parameters are masked by a change in the degree of penetration of the internal surface of the pores. The difference in the kinetic properties of the conversion of methane to carbon dioxide and the porous structure of the membrane catalyst does not prevent the manifestation of the membrane effect, regardless of the method of its preparation.*
Keywords: *methane, carbon dioxide, catalyst, reaction yield, conversion, synthesis gas. Fischer-Tropsch.*

Kirish. Metanni karbonat angidridli konversiyalab, “sintez-gaz” olish jarayoni uzoq vaqt ishlovchi barqaror katalizator yaratilmaganligi sababli hanuzgacha sanoatda joriy etilgan emas, ammo CO_2 ni yo‘qotish nuqtai nazardan muhimdir. Metanning karbonatli konversiyasi «parnik effekt»ini chaqiruvchi ikki xil ikkita gaz (metan va karbonat angidrid) ning birdaniga foydali maqsadlarda ishlatilishi bilan ham istiqbolli usul bo‘lib, muhim ekologik va iqtisodiy ahamiyatga ega. Bu usulning yana bir qulayligi shundan iboratki, metanni karbonatli konversiyalash jarayoni odatdagi atmosfera bosimida (0,1MPa), 650-800^{0}C da o‘tkaziladi [1]. Shuning uchun tabiiy gazdan import o‘rnini bosadigan, eksportga yo‘naltirilgan mahsulotlar ishlab chiqarishning yangi, tejamkor, chiqindisiz usullari va ekologik jihatdan xavfsiz texnologiyalarini ishlab chiqish hamda mamlakatimizning kimyoviy mahsulotlarga va yangi texnologiyalarga nisbatan eksport potensialini oshirish hamda atrof-muhitni muhofaza qilish dolzarbdir.

Adabiyotlar tahlili va metodlar. Metan karbonatli konversiyalab sintez gaz va u asosida metanol olish reaksiyasi seolit saqlovchi katalizator ishtirokida boradi.

Yuqorida qayd etilganlardan kelib

chiqqan holda mazkur ishning maqsadi "parnik effekti"ni keltirib chiqaruvchi ikkita gaz metan va karbonat angidridni to'g'ridan-to'g'ri katalitik konversiyalab, ekologik toza suyuq yoqilg'ilar sintez qilishdan iborat.

Ayni vaqtda tabiiy gazni qayta ishlashning yagona va oqilona yo'li bu uni katalitik konversiyalab sintez gaz va u asosida metanol olish reaksiyasidir. Metanni katalitik karbonatlash reaksiyasi ochilganiga 30 yildan oshdi, ammo hanuzgacha yuqori faollik va unumdorlikka ega bo'lgan barqaror katalizator yaratilmaganligi sababli bu reaksiya sanoatga joriy etilgan emas. Metanni katalitik karbonatlash reaksiyasi quyidagi afzalliklarga ega [2-3]:

– Metanni karbonatlash jarayoni bitta texnologik bosqichda boradi. Fisher-Tropsh reaksiyasi bo'yicha metanni suv bug'lari bilan konversiyalab sintez-gaz olish ko'p bosqichli jarayondir [4].

– Sintez gaz neft kimyosi sintezining asosiy mahsuloti bo'lib, undan juda ko'p moddalar sintez qilish mumkin [5].

– Metanni katalitik karbonatlash reaksiyasi Fisher-Tropsh sintezidan farq qilib odatdagi atmosfera bosimida boradi. Fisher-Tropsh sintezi yuqori bosim ostida boradi. Bu esa o'z navbatida katta harajat talab etadi [6].

Adabiyotlar tahlili [7] shuni ko'rsatadiki, metanni katalitik karbonatlash jarayonining o'ziga xos xususiyatlari ma'lum bo'lgan barcha katalizatorlarda haroratning yuqoriligi va nisbatan selektivlikning pastligidir.

Metandan bir bosqichda sintez gaz va u asosida metanolni olish bo'yicha qator ishlar bajarilgan, ular o'zining iqtisodiy samaradorligi bilan ajralib turadi [8]. Shunga qaramasdan, bu boradagi ishlar hali yetarli emas. Metanni katalitik karbonatlash jarayonining mexanizmini o'rganish, uning matematik modelini yaratish, modellar adekvatligini baholagan holda jarayonni maqbullashtirish, kinetik jarayonlarning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimini yaratish muhimdir. Shuning uchun ham metandan qimmatli xomashyolar bo'lgan sintez gaz va u asosida metanolni bir bosqichda olish uchun karbonatlash jarayonining termodinamik qonuniyatlarini o'rganish, spetsifik ta'sir etuvchi va samarali katalizatorlar tanlash, ular ishtirokida boradigan jarayonni modellashtirish va maqbullashtirishni differensial reaktor sharoitida o'rganish maqsadga muvofiq. Bular esa metanni karbonatlash jarayonining kinetik qonuniyatlarga asoslangan sintez usulini ishlab chiqish, uni takomillashtirish va jarayonning avtomatlashgan tizimini yaratish nuqtai nazaridan dolzarbdir.

Metanni katalitik karbonatlash reaksiyasi uchun yuqori unumdorlik va selektivlikka ega bo'lgan, haroratga nisbatan barqarorligi yuqori, turg'un, mustahkam, puxta hamda barqarorligi nihoyatda yuqori bo'lgan arzon va faol katalizatorlar tanlash va ular asosida olingan kinetik natijalarni baholash, jarayonning mexanizmini to'liq o'rganish va uni termodinamik jihatdan asoslash hamda energiya va resurstejamkor texnologiyalar yaratish mutaxassislar oldida turgan muhim va dolzarb masalalardan biridir.

Ushbu ishda membrana katalizatorlari reaktivlarni teshik tuzilishi orqali majburiy tashish imkoniyati bilan ajralib turadigan geterogen katalizator turlaridan biri sifatida qaraldi. Ushbu yondashuv geterogen katalizatorlar texnologiyasida ma'lum bo'lgan tayyorlash usullaridan foydalanishga, shuningdek, geterogen katalizda an'anaviy tasnifdan foydalanishga imkon beradi (ular-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 1
March 2024

ni massiv va qo‘llab-quvvatlanadiganlarga bo‘lish). Shuni ta’kidlash kerakki, massiv membrana katalizatori deb katalizator tushuniladi, unda faol komponent u yoki bu tarzda to‘g‘ridan-to‘g‘ri substratga (mikrofiltratsiya korund membranasi) ustiga yotqizilib, unda mustaqil qatlam shaklida joylashgan. Membrana katalizatorida reaktiv komponent maxsus katalizator tayanch qatlamida taqsimlanadi, bu substrat yuzasini ko‘paytirish va teshik o‘lchamlari torayishi uchun yotqizilgan γ-Al_2O_3 qatlami.

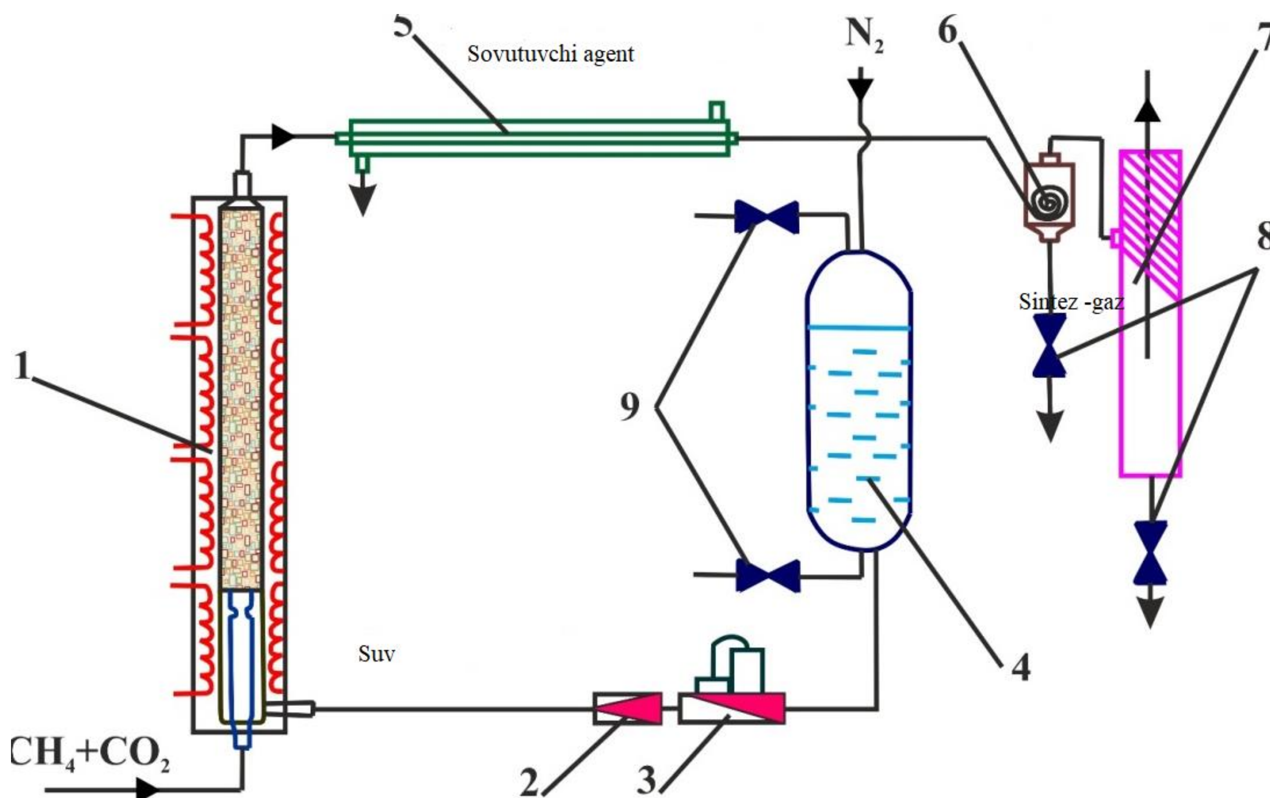
Natijalar. Tadqiqolar yuzasidan natijalarni laboratoriya sharoitida konversiya yuli bilan metanni karbonatli konversiyalash yuli bilan olib borildi.

Gaz aralashmalarining miqdoriy tarkibini aniqlash tashqi standart usuli bilan amalga oshirildi (gaz aralashmasining har bir komponenti uchun xromatograf oldindan sozlangandi) [9]:

$$C_i = k_i * S_i$$

Bu yerda S_i - gaz aralashmasidagi-chi komponentning konsentratsiyasi (vol.%), k_i-chi komponent uchun kalibrlash koeffitsienti (vol.%:(mV-min)), S_i - xromatogrammadagi ichi komponentning tepalik maydoni (mV-min).

Jarayonlar oqimli reaktorda atmosfera bosimida suv bug‘i yo‘qligida (metanning karbonatli konversiyasi) va ishtirokida (metan bug‘ karbonatli konversiyasi) SN4:SO2 ning 1:1 ga teng o‘zaro nisbatida, xomashyo berilishining 1000 soat^{-1} (V_0) hajmiy tezligida va jarayon haroratini 300 dan 1050°C gacha o‘zgartirish orqali



1-rasm. Konversiya yuli bilan metanni karbonatli konversiyalash sxemasi.
1-reaktor konversiya, 2 – obratniy klapan, 3 – rasxodomer, 4 – vadorod yig'gich, 5 – xolodilnik, 6 – siklon, 7 – separator, 8, 9 – ventil.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 1
March 2024

o‘tkazildi. Reaksiyaning boshlang‘ich va yakuniy mahsulotlari tahlili “on-line” rejimda gazli xromatografiya yordamida o‘tkazildi. Katalizatorning hajmi 6 ml ni tashkil etdi, jarayoning davomiyligi 10-12 soat.

Kontakt vaqti $\tau_{контакт}$ (soniyada) quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$\tau_{kont} = \frac{V_{кат} * 273}{F * (T_p + 273)} * 60$$

Bu yerda $V_{кат}$ - katalizator namunasining hajmi (ml), F - reaksiya aralashmasining hajmiy (molyar) oqimtezligi, T_p-reaktsiyaharorati (°C).

$V_{кат}$ katalizatorning hajmi quyidagi formula bo‘yichaaniqlandi.

$$V_{qat} = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * h,$$

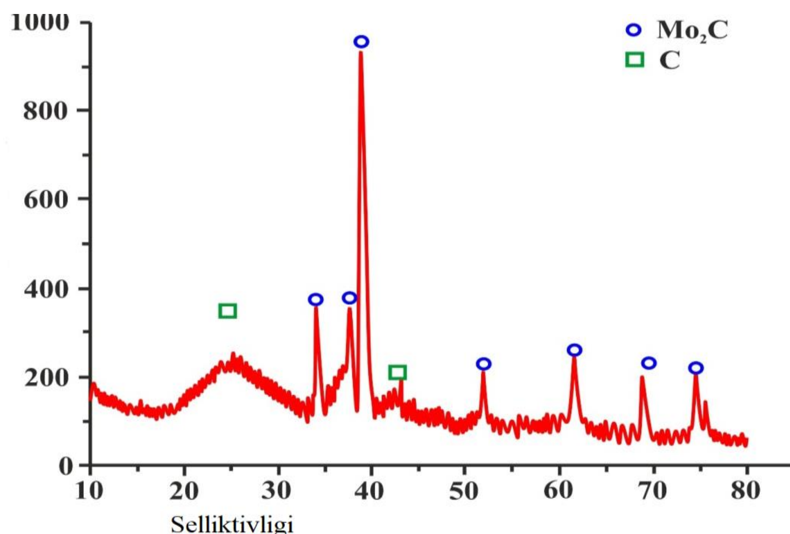
buerda D - katalizatorning tashqi diametri (sm), d - katalizatorning ichki diametri (sm), h - katalizatorning uzunligi (sm).

Metanni karbonat angidridga aylantirish jarayonining asosiy ko‘rsatkichlari quyidagi formulalar bilan aniqlandi:

$$X(CH_4) = \frac{F(CH_4)_0 - F(CH_4)}{F(CH_4)_0} * 100\%, \quad X(CO_2) = \frac{F(CO_2)_0 - FCO_2)}{FCO_2)_0} * 100\%,$$

Bu yerda X $(CH_4)_0$ va $X(CO_2)$ - metan va karbonat angidridning konversiya stavkalari (%), F $(CH_4)_0$ va F (CH_4) - bu reaktorga kirishda metanning volumetrik (molyar) sarfi va undan chiqishda, navbati bilan (ml : min), P $(CO_2)_0$ va F (CO_2) - reaktorga kirishda va undan chiqishda karbonat angidridning volumetrik (molyar) oqim tezligi (ml) : min), F (CO) - bu reaktor chiqadigan joyda karbonat angidridning oqimtezligi (ml : min), F (H_2) - chiqishda volumetrik (molyar) vodorod sarfi.

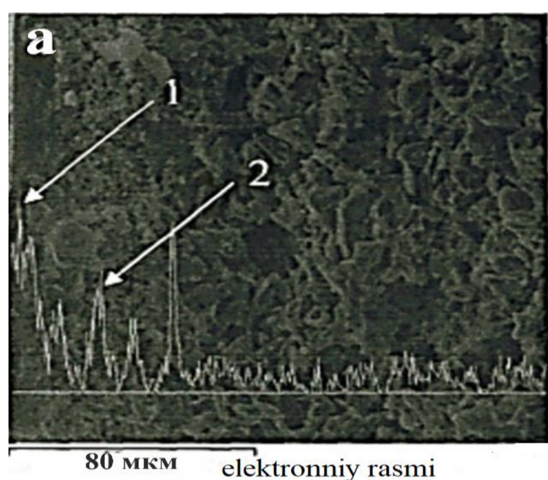
Muhokama. Katalizatorlar namunalari oksidlanish darajasi 5 dan 6 o‘zgarib turadigan, stexiometrik bo‘lmagan molibden birikmalaridan iborat zarrachalarning yuqori dispersli aralashmasi – “molibden ko‘ki” deb ataladigan qatlamlarni qo‘llash orqali zol-gel usuli bilan olindi. Molibden yuzlarining o‘zi ammoniy

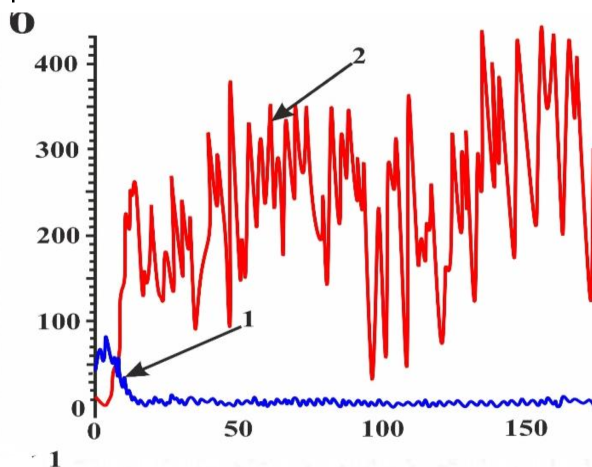


2-rasm. Molibden ko'kini 800°C da inert atmosferada kuydirish natijasida olingan rentgen kukunlari difraksiyasi sxemasi.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 1
March 2024

geptamolibdatning kislotali muhitda qaytarilishi bilan sintez qilingan; qaytaruvchi vosita sifatida glyukoza eritmasi ishlatilgan. Ushbu kolloid tizimlarning afzalligi shundaki, katalitik faol faza - molibden karbid, ularni inert atmosferada kalsinlanishidan so‘ng darhol hosil bo‘ladi. Buni o‘ta toza azot muhitida 800°C da kalsinlangan “molibden ko‘k” kukunini tahlil qilish paytida olingan XRD ma’lumotlari tasdiqlaydi (2-rasm). Taqdim etilgan MPCA ma’lumotlari bilan bilvosita tasdiqlangan (2a-rasm). Ko‘rinib turibdiki, membrana katalizatorining kesimida molibden (1) va uglerod (2) uchun chuqurlikdan signallarning intensivligi simobli ravishda joylashtirilgan. 106-rasm sizga molibden va alyuminiydan kelgan signal kuzatilayotgan chuqurlikni baholashga imkon beradi. Namunaning tashqi yuzasida alyuminiydan signal minimal qiymatga, molibden esa maksimal darajaga ega. Shundan kelib





3-rasm. Aktiv membrana molibden-karbid katalizatori (a-Mo(1) va C(2); b-Mo (1) va A1 namunalari kesimi bo'yicha elementlarning tarqalishining rentgen diffraktsion sxemasi (3).

rentgen diffraktsiya sxemasidan ko‘rinib turibdiki, olti burchakli kristal panjarali molibden karbid Mo_2C dan iborat namunada erkin amorf uglerod ham mavjud. Membrana katalizatorlari namunalarining rentgen diffraktsiyasi sxemasida karbid fazasi, yotqizilgan qatlamlarning juda kichik qalinligi (bir necha o‘nlab mikron) tufayli tanib bo‘lmaydigan holga kelib qoladi.

Yirik molibden-karbid katalizatori. Namuna asl korund substratiga “molibden ko‘k” qo‘llash orqali olingan, undan keyin u 800°C haroratda azot oqimida kalsinlangan. Ushbu membranalarning katalitik qatlami asosan molibden karbididan iborat ekanligi chiqib, substratga yotqizilgan molibden birikmalari (korund mikrofiltratsiya membranasi) uning tashqi yuzasida qisman joylashgan degan xulosaga kelish mumkin. Undan masofa kattalashganda alyuminiydan signal kuchayadi, molibden esa kamayadi. Ya’ni, molibden miqdori kamayadi. Uning kontsentratsiyasi tahminan 15 mikron chuqurlikda fon qiymatlariga etadi. Bunday tor taqsimotni qatlam deb hisoblash mumkin.

Faol komponentning tarkibi (dastlabki substratning og‘irligiga ishora qiladi) 0,85 foizni tashkil etdi.

Faollashtirishning umumiy o‘ziga xos sirt maydonini membrana katalizatori yuzasi

bilan taqqoslash shuni koʻrsatadiki, faol komponent tayanchga qoʻllanganda bu qiymat sezilarli darajada oʻzgaradi.

Membrana reaktorida sinashdan oldin membrana katalizatorining umumiy oʻziga xos yuzasi substratnikidan deyarli besh baravar yuqori. Uning uchun bu qiymat korund zarralarining faolsiz ichki yuzasi tomonidan aniqlanadi.

Metanning karbonat angidrid konversiyasi sharoitida membrana katalizatorini sinovdan oʻtkazgandan soʻng uning oʻziga xos yuzasi kattaligi boʻyicha 10,5 m^2: g gacha kamayadi; tashqi - 7,1 m^2 : g gacha, ichki - 2,3 m^2: g gacha. Membrana katalizatori yuzasida bunday oʻzgarish, masalan, faol komponent materialini markazlashtirish yoki undan erkin amorf uglerodni chiqarib tashlash natijasida yuzaga kelishi mumkin.

Membranali katalizatorning teshiklarining hajmi shunga oʻxshash oʻzgarishlarga uchraydi. Aktiv komponentning oʻziga xos sirt maydonining olingan qiymatlari CVD usuli bilan olingan membrana katalizatori uchun mos keladigan qiymatlarga yaqin boʻlib chiqdi.

Xulosa. Shunday qilib, membranali katalizatorlar geterogen katalizator turlaridan biri boʻlganligi sababli, bu ularga kataliz nazariyasi va amaliyoti qoidalarining aksariyat qoidalarini hamda ularning turli xil kimyoviy reaktsiyalardagi hatti-harakatlarini olish va oʻrganish usullarini qoʻllashga imkon beradi.

1. Geterogen katalizatorning bir shakli sifatida membrana katalizatori tabiatining kontseptsiyasiga asoslanib, geterogen katalitik jarayonning kuchayishi reaksiya massasining membranaga boʻlinishi ta’siri boʻlmagan taqdirda mumkin ekanligi aniqlandi.

2.Membranali katalizatorning ta’siri katalizatorning gʻovak sathidan foydalanish darajasining oshishi bilan bogʻliqligi aniqlandi.

3.Reaktsiyaning kinetik modeli shakli shuni koʻrsatdiki, metanning karbonat angidrid konversiyasining tezligi va selektivligi katalizatorning barcha oʻrganilayotgan turlari uchun membranani reaktor-kontaktorida va an’anaviy ravishda differensial tenglamalarning umumiy tizimi bilan tavsiflanadi. Katalizator qatlami oʻrnatilgan katalitik reaktor va model parametrlarining oʻzgarishi gʻovaklarning ichki yuzasining kirish darajasining oʻzgarishiga mos keladi.

4.Metanning karbonat angidrid konversiyasining kinetik xususiyatlari va membrana katalizatorining getrogin tuzilishidagi farqi, uni tayyorlash uslubidan qat’iy nazar, membrana ta’sirining namoyon boʻlishiga toʻsqinlik qilmaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR ROʻYXATI

1. Kuyboqarov O., Anvarova I., Abdullayev B. RESEARCH OF THE CATALYTIC PROPERTIES OF A CATALYST SELECTED FOR THE PRODUCTION OF HIGH-MOLECULAR WEIGHT LIQUID SYNTHETIC HYDROCARBONS FROM SYNTHESIS GAS //Universum: технические науки. – 2023. – №. 10-7 (115). – С. 28-32.
2. Kuyboqarov O., Egamnazarova F., Jumaboyev B. STUDYING THE ACTIVITY OF THE CATALYST DURING THE PRODUCTION PROCESS OF SYNTHETIC LIQUID HYDROCARBONS //Universum: технические науки. – 2023. – №. 11-7 (116). – С. 41-45.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 2, № 1
March 2024

3. Муртазаев, Ф. И., Неъматов, Х. И., Бойтемиров, О. Э., Куйбакаров, О. Э., & Каршиев, М. Т. (2019). ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ СЕРЫ И НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ПОЛИЭТИЛЕНА ДЛЯ ДОРОЖНЫХ И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. *Международный академический вестник*, (10), 102-105.
4. Муртазаев, Ф. И., Неъматов, Х. И., Бойтемиров, О. Э., Куйбакаров, О. Э., & Каршиев, М. Т. (2019). ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИНТЕЗИРОВАННЫХ ОЛИГОМЕРОВ ДЛЯ ОБЕССЕРИВАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ СЕРОВОДОРОДА. *Международный академический вестник*, (10), 105-107.
5. Boytemirov, O., Shukurov, A., Ne'matov, X., & Qo'yboqarov, O. (2020). Styrene-based organic substances, chemistry of polymers and their technology. *Результаты научных исследований в условиях пандемии (COVID-19)*, *1*(06), 157-160.
6. Куйбокаров, О., Бозоров, О., Файзуллаев, Н., Хайитов, Ж., & Худойбердиев, И. А. (2022, June). Кобальтовые катализаторы синтеза Фишера-Тропша, нанесенные на Al2O3 различных полиморфных модификаций. In *E Conference Zone* (pp. 349-351).
7. Куйбокаров, О. Э., Бозоров, О. Н., Файзуллаев, Н. И., & Нуруллаев, А. Ф.У.(2022). КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ ИЗ СИНТЕЗ-ГАЗА В ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОМ КАТАЛИЗАТОРЕ. *Universum: технические науки*, (1-2 (94)), 93-103.
8. Куйбокаров, О. Э., Бозоров, О. Н., Файзуллаев, Н. И., & Хайдаров, О. У. У. (2021). СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ УГЛЕРОДОВ ИЗ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГАЗА ПРИ УЧАСТИИ CO-FE-NI-ZRO2/ВКЦ (ВЕРХНИЙ КРЫМСКИЙ ЦЕОЛИТ). *Universum: технические науки*, (12-4 (93)), 72-79.
9. Қуйбоқаров, О. Э., Шобердиев, О. А., Рахматуллаев, К. С., & Муродуллаева, Ш. (2022). ПОЛИОКСИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАНА В СИНТЕЗ ГАЗ. *Central Asian Research Journal for Interdisciplinary Studies (CARJIS)*, *2*(5), 679-685.
10. Rustamovich,O.N., Ergashovich,K.O., Khujanazarovna,K.Y., Ruzimurodovich, K. D., & Ibodullaevich, F. N. (2021). Physıcal-Chemıcal and Texture Characterıstıcs of Coate-Fe-Ni-ZrO2/YuKS+ Fe3O4+ d-FeOON. *Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry*, *12*(3).